美國佛羅里達州 園產品採後處理 參訪簡記

農試所農場組 蔡璿如

一、前言

園產品自採收後至國內外消費者手中，如何維持其優良品質，由品質檢測、採後處理技術、包裝至冷鏈物流，其學問環環相扣，採後處理為提升園產品競爭力的一項重要技術。

本次於出國研習採後處理技術期間，報名由佛羅里達大學 (University of Florida) 園藝系每年3月主辦之佛羅里達採後處理參訪 (Florida Postharvest Horticulture Tour)。佛羅里達州位於美國東南部，全州呈半島地形，位於大西洋、墨西哥灣與加勒比海間，陸域與水域總面積約170,451萬平方公里，為台灣的7倍，以觀光業為主要經濟來源，農業是第二大產業，為美國僅次於加州的第二大蔬果生產州。佛羅里達州屬沼澤地形，四處可見運河，成為農業灌溉水來源，主要生產項目柑橘、葡萄柚、甘蔗、黃瓜、南瓜 (squash)及鮮食番茄，產值皆為美國第一，另有生產青椒、甜玉米、草莓、四季豆等。

此次行程時間為109年3月2日至3月6日共五天，內容以佛羅里達州當地田間、產業參觀為主，包含針對栽種、採收、採後處理、包裝、物流運送等進行講解與問題討論。同行參與人員包括園藝、食品科學領域的教授，佛羅里達大學園藝系研究生、阿拉巴馬大學食品科學系研究生，另外有美國農業部 (U.S. Department of Agriculture)、美國食品藥品監督管理局 (U.S. Food and Drug Administration) 等政府機構人員參加。

作　　者：蔡璿如助理研究員
連絡電話：04-23317757

二、園產品採收

本次參觀走訪草莓、萵苣、櫛瓜(Zucchini)的收穫過程，草莓採收為人工收穫，以小推車於田間進行採收 (圖一)，田埂兩側進行初步的品質檢測，田間亦有類似監督者隨機抽查各個採收者的草莓狀況，採收完畢後便載至鄰近工廠進行預冷。櫛瓜採收仰賴人力以刀進行收割，採收完後直接於田埂旁的貨車上進行水洗與裝箱，以40℉ (約4~5℃)清水人工清洗 (圖二)。

萵苣採收則依產品包裝方式不同，該農場有兩種採收機械，採單獨包裝之萵苣，兩人一組，一人採收去除莖部與外層葉並裝袋，另一人封袋將萵苣送上自動履帶裝箱。另一則是田間採收後不單獨包裝，直接裝箱 (圖三)。裝箱至預冷過程於四小時內完成最佳，通常控制在兩小時內。

勞力缺乏是近年美國的農業問題之一，身為農業大州的佛羅里達州同樣面臨此困境，因此近年農業人力多透過H-2A簽證(Temporary Agricultural Visa Program)引進外來人力，短工多來自墨西哥，彌補收穫時期農忙的人力短缺，農場通常需負擔短工的食宿、日常採買。

三、園產品包裝

佛羅里達的美國柑橘生產多做為加工用，僅有5%作為鮮食用，以下介紹本次參訪的柑橘包裝廠，包裝廠的位置鄰近生產者 (約8公里)，收穫後的柑橘直接由卡車送至包裝廠，卸貨後進入自動化產線，首先機器進行風選去葉，較大枝條則由人工挑選，接著進行水洗，水洗時會加入SOPP，為一種柑橘專用的殺真菌清潔劑，水洗後風乾，接著上蠟，原因是水洗時會洗去柑橘表層天然的蠟質，上蠟可以防止水分流失，增加儲藏的時間，同時外觀較佳具有光澤，接著由人工進行電腦的外觀品質選別 (圖四)，依大小進行分級後，由機器自動化包裝，以網袋包裝為主，完成後即可出貨。依出貨對象要求，該業者亦設有冷藏室方便預冷柑橘。

在氣候溫暖、收穫前期採收的柑橘，即便果實已經成熟，但果皮尚還有大量的葉綠素，呈現綠色外觀。由於多數消費者仍喜好橘色果皮的柑橘，因此包裝場外還設有Degreening Room，在85℉ (約29.4℃)、黑暗高濕度的環境下，以低濃度的乙烯處理，促進果皮的葉綠素降解與類胡蘿蔔素合成增加，達到轉色目的。

四、園產品預冷處理

園產品採收後會累積大量的田間熱及呼吸熱，熱能釋放容易加速園產品腐敗，因此預冷為運輸、冷藏或加工前將田間熱及累積的呼吸熱除去，使產品快速降溫的一種處理措施。採後預冷處理方式依產品特性不同，且不同的構造形狀也會影響產品的熱傳導效率，各有適合的預冷方式，佛州地區常見的預冷方式有壓差預冷 (forced-air cooling)、

水冷式預冷 (hydro-cooling)、真空預冷 (vacuum cooling)等，以草莓為例，通常使用壓差預冷，漿果類產品不建議使用水冷，水分容易加速腐敗，而水冷式預冷利用水帶走產品內部的熱能，適合耐濕性的產品，例如玉米，真空預冷降溫效率快，適合表面積大、易腐敗的葉菜類，常見於萵苣。以下就各項預冷方式說明：

(一) 壓差預冷

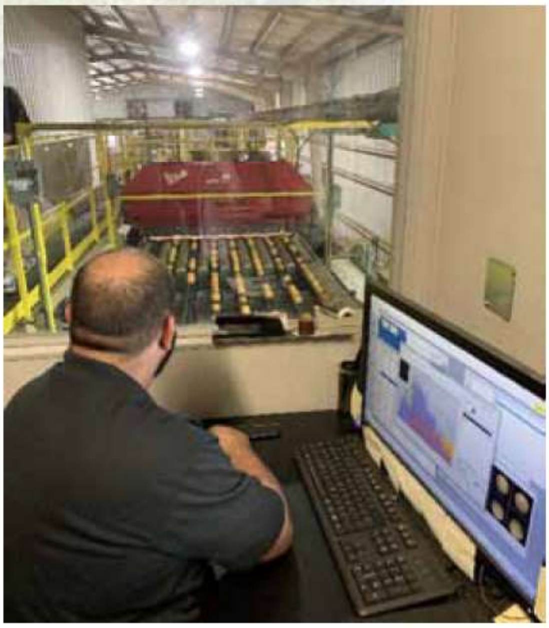
隧道式壓差預冷於兩列貨盤中間預留隧道，貨箱上覆蓋帆布，利用進風口造成負壓，使熱空氣由中間隧道被抽出，將外部冷空氣強制流入貨盤商品間，利用空氣流達到冷卻效果，包裝箱上會預留孔洞，讓冷空氣進入與產品接觸 (圖五)。

新鮮草莓採收後，預冷前會再以機器進行品質選別，接著使用壓差預冷立即冷卻至40℉ (約4~5℃)，冷卻時間約1至2小時，視採收時溫度高低略有不同。Wish Farms業者使用MACS (Modular Automated Cooling System) 冷藏庫 (圖六)，為一種新型自動化密閉式的冷卻系統，利用壓力差將熱空氣抽出，注入冷空氣，與傳統隧道式預冷相比能更均勻的覆蓋冷空氣，使冷卻更有效率。堆高機將貨盤置於入口轉盤後，於面板設定目標溫度、條件，感測器便會自動調整降溫、轉盤及對流進行預冷，待預冷完成後貨盤會自動於轉盤送出 (圖七)，貨盤接著分批進行預冷。整個過程由採收至預冷到出貨至零售商約時4天。

圖一、草莓人工採收。

圖二、櫛瓜收穫後於貨車上進行人工水洗、裝箱。

圖三、萵苣以人力收割、剝除外層葉後送履帶進行消毒與裝箱。



圖四、柑橘以電腦輔助選別。

圖五、青椒隧道式壓差預冷。

圖六、Modular Automated Cooling System 為一種新型自動化的壓差式預冷設備。

(二) 水冷式預冷

經採收玉米卸貨後先以人工進行品質檢測，包含玉米大小外觀與成熟狀態，接著進入預冷程序，採水冷方式 (圖八)，以冷水淋洗帶走熱能，溫度設定於34~36℉ (約1~2℃)，待堆高機將玉米置於轉盤後，設備置有感測器控制轉盤，操控棧板進、出設施。水洗過程為時約50分鐘至1小時，業者使用Keeper進行消毒，為一蔬果採後消毒用產品，主成分為次氯酸鈉，該產品需混合酸類，活化Keeper的消毒活性，因此在水冷設施旁設有一小型藥品室進行藥品配置。預冷結束後，進入冷藏庫 (約36℉，2℃)進行存放等待出貨，冷藏庫內以臭氧處理，可維持消毒作用。

(三) 真空預冷

該業者擁有自己的萵苣生產田並且進行採收後的包裝處理，田間採收的萵苣運送至工廠後，首先人工進行品質抽檢，並於裝箱外的標籤清楚標示日期時間、田區來源。真空預冷以真空環境使一大氣壓下水沸點100℃降至0℃，減壓狀況下，水汽化過程帶走表面積大量汽化熱，達到迅速降溫效果，預冷時間約45分鐘，預冷完成後，員工迅速封袋以維持溫度 (圖九)，由採收、預冷至準備出貨約四小時內完成。

五、園產品批發

園產品經過採後處理程序後依運銷管道分別銷售，經由物流中心、批發或零售商運至消費市場。以下介紹本

次參觀的其中一批發業者，Southern Specialties為負責進口蔬果處理與配送的業者，進口的蔬果入廠後貨櫃溫度約處於50~60° F(10~16℃)，首先進行水冷式預冷，以34℉ (1℃)冷水進行淋洗，同時也會進行產品消毒，過程約25分鐘。預冷完成後轉至低溫儲藏室，依產品不同有適合的儲存溫度，由溫度低至高設置不同的儲藏空間，如蘆筍適合36~37℉ (2~3℃)，熱帶水果如芒果、木瓜、鳳梨等適合存放於45~47℉ (7~8℃)。廠內的空間規劃包含催熟室 (Ripening room)、包裝資材存放室 (Package material room)與包裝室 (Repack product room)，根據客戶要求的包裝形式有時必須針對產品重新包裝，並且依客戶要求的出貨條件也會進行不同的消毒或者後熟處理的程度。最後便是出貨區的儲藏區域，產品僅作短暫存放。

六、結語

美國由於地廣物博，從大規模的農業生產到長程運輸過程，採後處理的技術與流程發展顯得格外重要，而造成園產品品質劣變的因子於採收、包裝、運輸儲藏、販售皆有可能發生，因此從中掌握各階段的處理要點是台灣發展採後處理技術需要學習的，如何確實地減少每一階段園產品的損耗，例如是否精確掌控產品預冷後的溫度、運輸貨櫃操作的精準度等，是台灣可以努力的方向。

圖七、預冷結束貨盤送出。

圖八、玉米水冷設備。

圖九、萵苣預冷結束後人工封袋 (後方為真空預冷設備)。